

УДК 911.2

Г. В. Лобанов\*, А. Ю. Зверева\*, М. В. Коханько\*, М. А. Новикова\*, А. В. Полякова\*, Б. В. Тришкин\*\*

\*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Брянский государственный университет имени академика И. Г. Петровского»,

\*\*Некоммерческое образовательное учреждение высшего профессионального образования «Московский психолого-социальный институт», Брянский филиал.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГИС В МОРФОЛОГИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЙМЕННО-РУСЛОВЫХ КОМПЛЕКСОВ

Статья представляет опыт использования ГИС-технологий для анализа факторов и закономерностей распространения, причин и особенностей динамики сложных природных объектов — пойменно-русловых комплексов на обширной территории бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра. Описаны особенности, преимущества и перспективы сочетания традиционных приёмов морфологического анализа и современных программных средств. Приводится обоснованная последовательность приёмов, описаны способы картографического представления результатов исследования морфологии и динамики пойменно-русловых комплексов, подтверждается возможность применения подхода для других регионов.

**Ключевые слова:** пойменно-русловые комплексы, ГИС-технологии, морфологический анализ.

G. V. Lobanov, A. Y. Zvereva, M. V. Kohanko, M. A. Novikova, A. V. Polyakova, B. V. Trishkin

### GIS APPLICATION IN MORPHOLOGICAL ANALYSIS OF FLOODPLAIN-CHANNEL COMPLEXES

The article deals with the experience of GIS-technology application for the analysis of factors and ways of spreading, reasons and features of the dynamics of the complex natural objects — floodplain-channel complexes in the vast areas of the Upper Volga and the Upper Dnepr basins. Features, advantages, and prospects of a combination of traditional techniques of the morphological analysis and modern software are described. Reasonable sequence of methods is given, ways of cartographic presentation of the results of morphological research and the dynamics of floodplain-channel complexes are described, and possibility of application of the approach to other regions is confirmed.

**Keywords:** floodplain-channel complexes, GIS-technology, morphological analysis.

Г. В. Лобанов, А. Ю. Зверева, М. В. Коханько, М. А. Новикова, А. В. Полякова, Б. В. Тришкин

### ВИКОРИСТАННЯ ГІС В МОРФОЛІЧНОМУ АНАЛІЗІ ЗАПЛАВНО-РУСЛОВИХ КОМПЛЕКСІВ

В статті наведено досвід використання ГІС-технологій для аналізу факторів і закономірностей розповсюдження, причин і особливостей динаміки складних природних об'єктів — заплавно-руслових комплексів на великій території басейнів Верхньої Волги і Верхнього Дніпра. Описані особливості, переваги і перспективи поєднання традиційних прийомів морфологічного аналізу і сучасних програмних засобів. Приведено обґрунтування послідовності прийомів, описані способи картографічного представлення результатів дослідження динаміки заплавно-руслових комплексів, підтверджується можливість застосування підходу для інших регіонів.

**Ключові слова:** заплавно-руслові комплекси, ГІС-технології, морфологічний аналіз.

**Введение.** Исследование динамики геолого-геоморфологических процессов является важным элементом планирования устойчивого развития. Оценка и прогноз рисков, связанных с их возможными опасными проявлениями позволяет обосновать решения о приоритетных направлениях хозяйственного использования территории, видах и объемах защитных мероприятий. Одним из актуальных объектов прогнозирования является динамика пойменно-русловых комплексов (ПРК) — морфодинамически однородных, относительно обособленных отрезков течения, протяженностью первые десятки километров [6]. Прогноз строится на выявлении и обосновании устойчивых закономерных изменений морфологии и динамики русла, которые охватывают весь комплекс, но для отдельных форм проявляются неодновременно [8].

Сложная морфологическая структура, неравномерная динамика, разнообразные сочетания факторов русловых процессов определяют приоритет качественных прогнозов, построенных на закономерных связях комплекса условий и состояния ПРК. Качественные прогнозы часто более точно

отражают общие особенности динамики сложных природных объектов в сравнении с математическими моделями, но менее формализованы в отношении алгоритма построения, объяснения и представления результатов. Особенности ГИС как инструмента исследования позволяют реализовать преимущества качественного географического прогноза и частично формализовать его построение, что существенно повышает однозначность сопоставления результатов, полученных для разных территорий.

**Исходные предпосылки.** Пойменно-русловые комплексы как объект морфологического анализа.

Ведущим методом исследования многолетней динамики рельефа является морфологический анализ. Метод, со времени становления направлен на поиск закономерностей проявления рельефообразующих факторов и процессов в строении поверхности [4]. Сведения об изменениях рельефа, при разных сочетаниях факторов, составляют основу прогноза динамики рельефообразующих процессов, в том числе потенциально опасных для населения и хозяйства. Набор факторов, достаточных для объяснения

морфологии и динамики рельефа зависит от представлений о физической природе, создающих его процессов; возможности их формального описания, сложности строения поверхности, размера и конфигурации территории, вида прогноза и требованиям к его подробности. Морфологический анализ ПРК, в частности направлен на выявление и оценку устойчивости зависимостей между скоростью деформаций русла и сочетанием факторов руслового процесса для отрезков течения, протяженностью до первых десятков километров. Сведения о динамике ПРК в разных природных условиях и представления о русловом процессе определяет привлечение разнообразных факторов для объяснения морфодинамических особенностей отрезков течения. Теоретически обоснованное, «ожидаемое» влияние фактора или их группы на русловый процесс, может отличаться от реальной ситуации, что определяет использование максимально широкого набора сведений об участке течения и водосборной территории. Большое разнообразие строения и динамики ПРК на крупных и средних реках определяет целесообразность использования морфологического анализа в современном варианте, сочетающем классические приёмы визуальной оценки строения русла и поймы и технологические возможности ГИС-приложений по обработке, анализу, визуальному представлению пространственной информации [2].

**Цель исследования** — апробировать алгоритм применения «классического», визуального морфологического анализа ПРК средствами ГИС-приложений. Формализация приёмов и результатов метода позволяет распространить подход на реки иных регионов для получения сопоставимых результатов. Выбор объектов исследования — бассейны верхней Волги и Верхнего Днепра обоснован их привлекательностью для морфологического анализа — разнообразными сочетаниями условий русловых процессов, неоднозначным и часто неявным проявлением в морфологии и динамике русла отдельных факторов, хорошей обеспеченностью картографическими и фоновыми материалами.

#### **Изложение основного материала.**

*ГИС технологии в морфологическом анализе пойменно-русловых комплексов.*

Опыт и результаты морфологического анализа ПРК крупных и средних рек с использованием ГИС-технологий подтверждают перспективность применения метода для оценки влияния факторов руслового процесса, на морфологию и динамику русла. Сложилась логическая последовательность этапов анализа, которую можно рассматривать как универсальную для разных порядков рек и сочетаний факторов русловых процессов: выделение границ ПРК, их морфодинамическая типизация, анализ закономерностей распределения в пространстве, оценка чувствительности ПРК разных типов к изменению географической среды. Возможности ГИС-приложений используются на всех этапах для решения трёх типов

задач: визуального представления, сопоставления и анализа картографических материалов; количественной оценки закономерностей распределения ПРК во времени и пространстве; создания картографических и графических моделей. Цели, содержание и результаты этапов представлены ниже.

Первый этап анализа — построение векторной модели ПРК по цифровым моделям гидросети, топографическим и крупномасштабным тематическим картам, космическим снимкам высокого разрешения, фоновым материалам геологической съёмки. Цифровая модель гидросети является технической основой модели ПРК. Известные варианты моделей для территории России, представляют конфигурацию русла с точностью, соответствующей обзорно-топографическим картам масштаба 1:500000 и мельче, что ограничивает возможности их непосредственного использования для морфологического анализа только нижним и средним течением крупных и крупнейших рек. Структурным элементом таких моделей обычно являются участки русла между притоками, которые во многих случаях морфодинамически неоднородны. Средствами ГИС-приложений исходные модели перестраиваются с выделением новых структурных единиц, соответствующих пойменно русловым комплексам. Границы ПРК определяются по топографическим картам и космическим снимкам. Сопоставление и совместное использование материалов разного типа позволяет уменьшить неопределенность положения границ, связанную с технической или картографической генерализацией изображений, неопределённым положением русла на лесных территориях, низким разрешением доступных космических снимков для некоторых участков течения. Структурным элементам модели присваиваются геоморфологические, литологические, гидрологические, ландшафтные характеристики, сведения о направлении и уровне антропогенного воздействия.

Подробность характеристики ПРК, в общем, прямо зависит от частоты их чередования. Причина смены ПРК в одних случаях удовлетворительно объясняется значительными отличиями факторов — литологическим типом грунтов, строением долины, условиями стока, существенным изменением величины среднего или руслоформирующего расхода; в других — требует привлечения данных об инженерно-геологических характеристиках пород берегового уступа, гидравлических особенностях течения, доли источников подземного питания [3, 5]. Сведения организованы в пространственную базу данных, которая используется как информационная основа последующих этапов морфологического анализа, или самостоятельный источник фактических данных для решения иных научно-прикладных задач.

Второй этап — морфологическая типизация ПРК, обоснован большим разнообразием ПРК и устойчивыми морфологическими особенностями поймы и русла, повторяющимися на разных участках течения рек. Количество ПРК, выделенных только на больших и крупных реках водосборных террито-

рий площею сотні тисяч квадратних кілометрів (соответствует размеру бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра) уже составляет несколько сотен. Типизация позволяет уменьшить разнообразие вариантов строения ПРК до 1 – 2 десятков и выявить наиболее общие закономерности и причины их пространственного распределения. Предварительные схемы типизации ПРК возникают уже на этапе выделения границ и в дальнейшем уточняются выделением закономерных, теоретически обоснованных сочетаний особенностей поймы и русла — «ядер типов», отличающихся устойчивой спецификой руслового процесса в многолетний период. Иные, менее вероятные сочетания соответствуют участкам, на которых условия русловых процессов существенно изменялись, они объединяются с «ядрами типов» по степени подобия современных морфодинамических особенностей русла. В типизации ПРК сочетаются субъективный авторский подход и формальная, количественная оценка частоты встречаемости различных сочетаний поймы и русла [7]. Особенности пространственного распределения типов ПРК (равномерность, частота

чередования на разных реках) оцениваются по карте, построенной способом линейных знаков (рис. 1).

Таблица 1

**Морфологические типы ПРК в бассейне верхнего Днепра**

1	верховья — ручьи, бочажины, сухие руслица с отдельными участками руслового режима, пойма сегментно-гривистая
2	серии сегментных крутых излучин, разделенные участками прямолинейного русла, пойма преимущественно сегментно-гривистая
3	сегментные пологие излучины, разделенные участками прямолинейного русла, в том числе с прямолинейными участками, пойма преимущественно сегментно-гривистая
4	адаптированные излучины в сочетании с участками прямолинейного русла, пойма преимущественно ровная
5	относительно прямолинейное русло, пойма ровная или сегментно-гривистая
6	сложные сочетания русловых форм, излучин разных типов отрезков прямолинейного русла
7	пойменная многорукавность

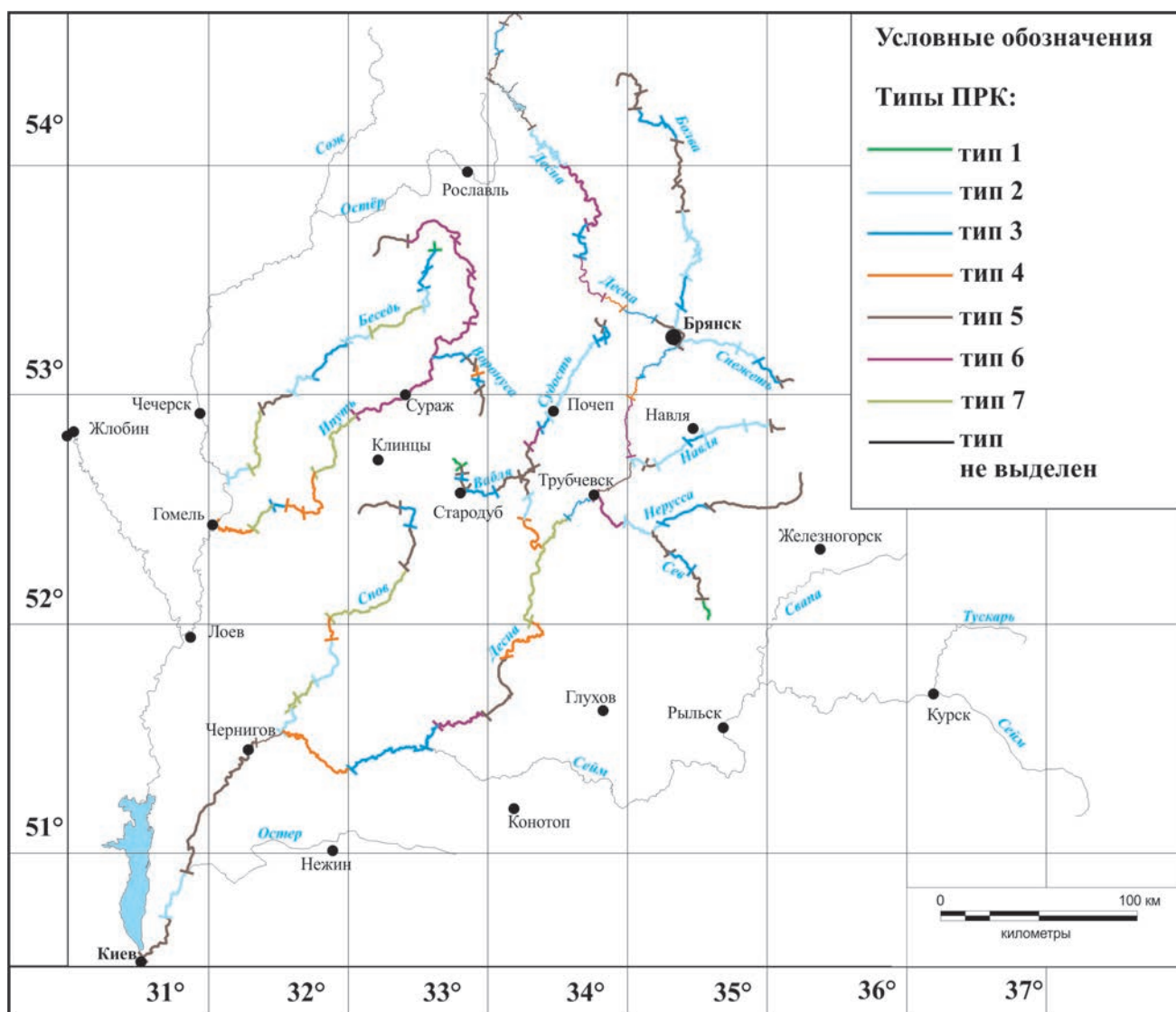


Рис. 1. Карта типов ПРК в бассейне Верхнего Днепра, описание типов в табл. 1

Третий этап анализа заключается в поиске и обосновании связи типов ПРК, факторов их распространения и динамики. Разработано два варианта его реализации. Первый вариант заключается в сопоставлении морфологических типов ПРК и сочетаний факторов руслового процесса. Влияние фактора характеризует равномерность распределения его значений в различных типах ПРК. Вариант апробирован на нескольких десятках крупных и средних рек бассейнов Верхней Волги и Верхнего Днепра. Результаты анализа показывают неоднозначную, вероятностную связь типов ПРК и сочетаний факторов, что на многих реках, отмечается как принципиальная особенность распределения русловых форм в пространстве. Второй вариант анализа заключается в типизации динамики ПРК и анализе причин морфологических изменений русла в многолетний период. Типы динамики характеризуют изменения количества и разнообразия русловых форм в границах ПРК, за интервалы времени, обеспеченные картографическими материалами, космическими

и аэрофотоснимками сопоставимого масштаба. Соотнесение морфологических и динамических типов ПРК позволяет перейти от анализа пространственного распространения объектов к анализу причин их динамики, что составляет одну из приоритетных задач современной геоморфологии [1]. Этот, более сложный вариант морфологического анализа, реализован для 15 крупных и средних рек верхнего Поднепровья.

Заключительный этап морфологического анализа обеспечивается картографическими и вероятностными методами, алгоритмы которых включены в стандартную конфигурацию полнофункциональных ГИС. Картографический метод предполагает визуальную оценку распределения морфологических или динамических типов ПРК, отдельных факторов руслового процесса или их сочетаний по специально разработанным пространственным (картографическим) моделям. Отсутствие строгих стандартов и нормативных документов, регулирующих их содержание, определяет свободный выбор типа карты, способов карто-

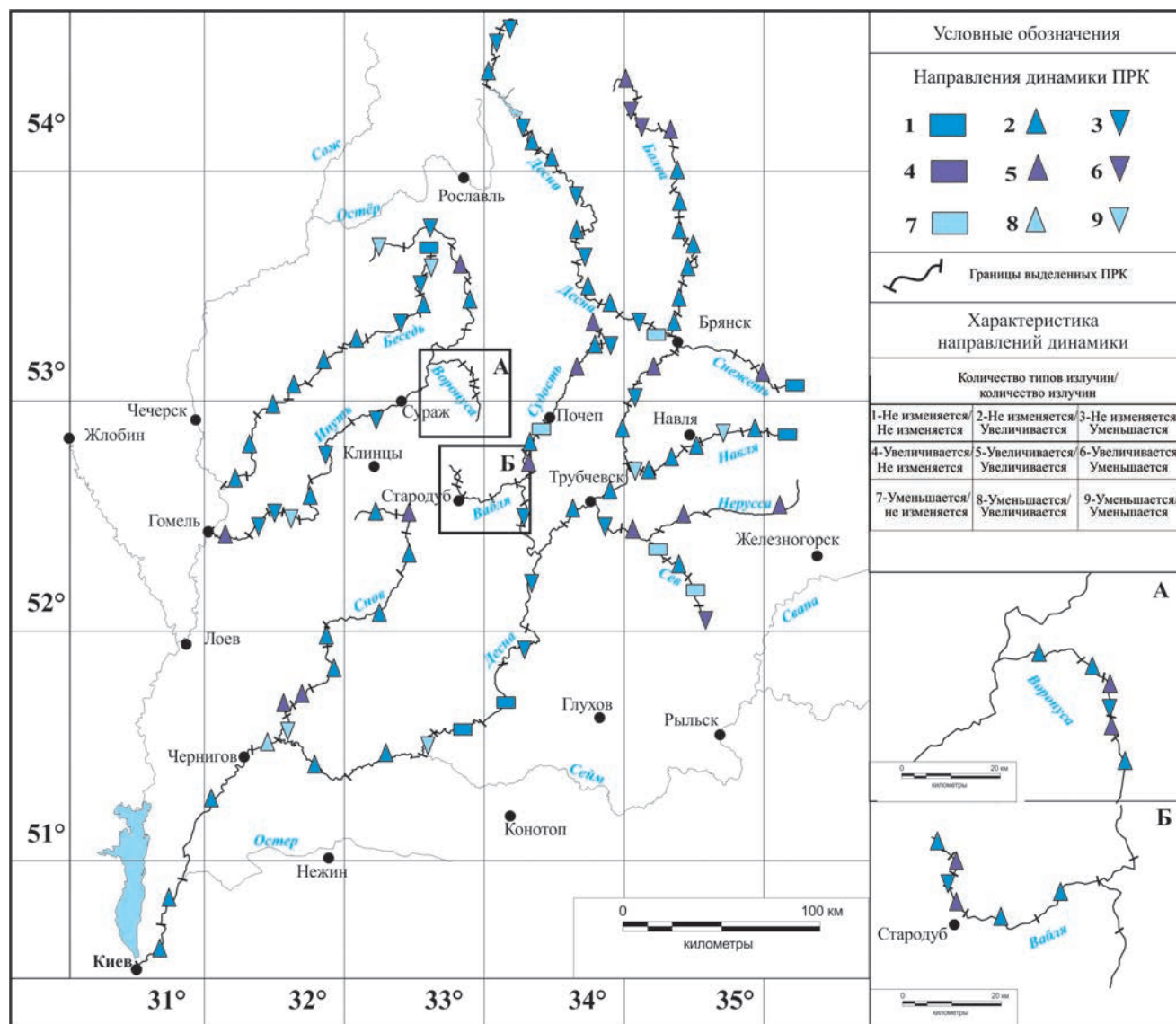


Рис. 2. Типы динамики ПРК в бассейне верхнего Днепра

графирования, структуры легенды, элементов общего оформления, инструментальных средств построения. Основной приём анализа — сопоставление карт типов ПРК (морфологических или динамических) с картой геолого-геоморфологических факторов, в содержании которой представлены условия развития горизонтальных русловых деформаций, средние уклоны поверхности водосборного бассейна, ширина поймы, уклон по руслу, литологические типы руслоформирующих грунтов. Сложное сочетание картографируемых показателей определяет использование разных способов изображения и графических элементов условных знаков. Картографирование типов динамики подтверждает возможность автоматического построения и обновления карт разных типов, в том числе комплексных с большим количеством показателей, организации сложных легенд (рис. 2).

Вероятностный метод заключается в расчете частоты встречаемости морфологического или динамического типа ПРК при разных сочетаниях факторов. Оценка вероятности обеспечивается системой запросов к пространственной базе данных на языке SQL, результаты которых отражают особенности распределения морфологических и динамических типов ПРК в зависимости от сочетаний факторов.

Оба метода (картографический и вероятностный) эффективно дополняют друг друга, если результаты представляют непротиворечивую количественную и качественную оценку морфологических и динамических особенностей ПРК.

**Выводы.** Особенности использования ГИС-приложений как инструмента исследования предполагают частичную формализацию традиционных приёмов морфологического анализа в описании исходных данных, представлении результатов. Преимущества метода в определении общих закономерностей развития рельефа при этом дополняются созданием единой схемы морфологического анализа ПРК, которая обеспечивает однозначность результатов на реках разных регионов и возможность их сопоставления.

Достоинства предложенного подхода — в относительной независимости от объектов анализа, использовании распространённых и доступных источников информации, сочетании классических и современных приёмов исследований возможности реализации средствами различных ГИС-приложений.

**Рецензент: кандидат географических наук,  
доцент кафедры географии и землеустройства  
О. П. Москаленко.**

#### Литература:

1. Ласточкин А. Н. Морфологический анализ/А. Н. Ласточкин. — Л.: Недра — 1987. — 256 с.
2. Лобанов Г. В. Морфологический анализ и геоинформационные технологии в пространственном анализе распространения комплексов форм равнинных рек/Г. В. Лобанов, А. В. Чернов, А. С. Завадский [и др.]//Сборник материалов V Всероссийской научно-практической конференции «Геоинформационное картографирование в регионах России» — Воронеж: Изд-во "Цифровая полиграфия», 2013. — С. 100 — 104.
3. Лобанов, Г. В. Геолого-геоморфологические факторы структуры и динамики флювиальных систем в бассейне верхнего Днепра/Г. В. Лобанов, М. А. Новикова, А. В. Полякова [и др.]//Вестник Томского государственного университета. — [№ 273]. — 2013. — С. 189 — 197.
4. Пенк В. Морфологический анализ/В. Пенк. — М.: Государственное издательство географической литературы, 1961. — 359 с.
5. Смирнова, Е. А. Влияние прочностных характеристик грунтов на интенсивность русловых деформаций в среднем течении р. Десны/Е. А. Смирнова, Г. В. Лобанов, Г. В. Бахраков//Геоморфология. 2009. — [№ 2]. — С. 75 — 84.
6. Чернов А. В. География и геоэкологическое состояние русел и пойм рек Северной Евразии/А. В. Чернов. ООО «Крона», 2009. — 684 с.
7. Чернов А. В. Картографирование пойменно-русловых комплексов для обоснования территориального планирования староосвоенных территорий/А. В. Чернов, А. С. Завадский, Г. В. Лобанов [и др.]//Материалы 3-ей международной научно-практической конференции "Географические проблемы развития староосвоенных регионов. — Брянск: Курсив, 2013. — С. 80 — 85.
8. Hooke J. M. Spatial variability, mechanisms and propagation of change in an active meandering river//Geomorphology. — [Vol. 84]. — 2007. — P. 277 — 296.